

## Continuous heat treatment of steel wire

**Publication number:** DE4340568  
**Publication date:** 1995-06-01  
**Inventor:** SENDNER HANS (DE)  
**Applicant:** SENDNER THERMO TEC ANLAGEN GMB (DE)  
**Classification:**  
- international: **C21D1/18; C21D8/06; C21D9/52; C21D1/18; C21D8/06; C21D9/52;** (IPC1-7): C21D9/52  
- European: C21D1/18; C21D8/06; C21D9/52B  
**Application number:** DE19934340568 19931129  
**Priority number(s):** DE19934340568 19931129

**Report a data error here**

### Abstract of **DE4340568**

The method for continuous heat treatment of steel wire involves (a) rapid heating of the wire up to a temperature in the austenite range, at between 85 and 100 deg C/s; (b) maintaining the temperature in the austenite range for 10-60 s; (c) quenching of the wire to room temp. at greater than 80 deg C/s; (d) rapid heating of the wire to a tempering temperature at 85-95 deg C/s; (e) maintenance tempering temperature for 20-120 s; and (f) cooling the wire at greater than 50 deg C/s normally used with water cooling.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 40 568 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C 21 D 9/52**

②1 Aktenzeichen: P 43 40 568.1  
②2 Anmeldetag: 29. 11. 93  
④3 Offenlegungstag: 1. 6. 95

DE 43 40 568 A 1

⑦1 Anmelder:  
Sendner Thermo-tec Anlagen GmbH, 44805 Bochum,  
DE  
  
⑦4 Vertreter:  
PAe Viel & Viel, 66119 Saarbrücken

⑦2 Erfinder:  
Sendner, Hans, 44805 Bochum, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Verfahren zum kontinuierlichen Vergüten von Stahldraht

⑤7 Es wird ein neues Verfahren zum kontinuierlichen Vergüten von Stahldraht angegeben, insbesondere von Federstahldraht, wobei die folgenden Schritte vorgesehen sind:  
1. Schnellerwärmen des Drahtes auf eine Temperatur im Austenitbereich mit einer Geschwindigkeit zwischen 85 und 100° C/sec.;  
2. Halten des Stahldrahtes im Austenitbereich während einer Zeit von 10-60 sec.;  
3. Abschrecken des Stahldrahtes bis auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit > 80° C/sec.;  
4. Schnellerwärmung auf Anlaßtemperatur mit einer Geschwindigkeit von 85 bis 95° C/sec.;  
5. Halten auf Anlaßtemperatur während einer Zeit von 60 bis 120 sec.;  
6. Abkühlen des Drahtes mit einer für Wasserkühlung üblichen Geschwindigkeit von > 50° C/sec.  
Die Vorteile dieses Verfahrens bestehen im wesentlichen darin, daß eine möglichst homogene Kohlenstoffverteilung im Austenit erreicht wird, ohne daß es durch Überhitzen oder Überzeiten zur Kornvergrößerung kommt, die zusätzlich von Entkohlung in der Randzone eines Drahtes begleitet sein kann.

DE 43 40 568 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 04. 95 508 022/354

7/29

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum kontinuierlichen Vergüten von Stahldraht, insbesondere Federstahldraht, wobei ein Erwärmen auf eine Temperatur im Austenitbereich, ein Abschrecken, ein Anlassen und ein Abkühlen des Drahtes vorgesehen ist.

Aus der Patentschrift DE 29 17 287 C2 ist ein Verfahren zum Herstellen von Schraubenfedern, Torsionsstäben oder dergleichen aus Federstahldraht bekannt. Nach diesem bekannten Verfahren soll im wesentlichen wie folgt gearbeitet werden:

1. Erhitzen des Drahts mittels Hochfrequenzinduktion oder direktem Stromdurchgang mit mehr als 100°C/sec. auf Austenit-Temperatur und Abschrecken unmittelbar nach Erreichen der Härte-temperatur,

2. Anlassen des abgeschreckten (= gehärteten) Drahts auf gleiche Weise und mit derselben Geschwindigkeit auf 300–600°C, wobei die Haltezeit < 60 sec. betragen soll,

3. Abkühlen des angelassenen Drahts mit einer Geschwindigkeit > 50°C/sec.,

4. Wärmebehandlung der aus dermaßen behandeltem Draht durch Kaltformung erzeugten Federn nach einer bereits in DIN 2095 vom Mai 1973 vorgeschriebenen Methode, wobei Eigenspannungen abgebaut werden.

Das in dieser Patentschrift vorgestellte Verfahren der induktiven Erwärmung auf eine Härtetemperatur entspricht der aus der Flamm- oder Induktionshärte-technik bekannten kontinuierlichen Austenitisierung mit schneller Erwärmung auf eine vorgegebene Spitzentemperatur und unmittelbar nachfolgende Abkühlung.

Bei untereutektoiden Stählen, die außer Kohlenstoff noch Legierungsmetalle in Konzentrationen aufweisen, wie sie bei Federstählen üblich sind, tritt anstelle des Dreiphasengleichgewichts Zementit – Ferrit – Austenit, also eines Ac1-Punktes im Fe-C-Diagramm, ein Dreiphasenraum Ferrit + Austenit + Karbid auf, mit den Übergangstemperaturen Ac1b und Ac1c. Bei der Austenitisierung sind demzufolge zunächst nach der  $\alpha$ - $\gamma$ -Umwandlung noch Karbide beständig (HTM 33 (1978) 2, S. 63–114). Zu deren Lösung im Austenit bedarf es jedoch erhöhter Temperaturen, die im Beispiel der DE-PS 29 17 287 1100°C betragen, aber selbst dann "ergibt sich nach dem Härten ein Gefüge mit einer ungleichförmigen Konzentration von Kohlenstoff," weil der gelöste Kohlenstoff in der Austenitmatrix bevorzugt an den Stellen ehemaliger Karbide vorkommt. (Umwandlung und Gefüge unlegierter Stähle, 2. Auflage, Düsseldorf 1990 H.P. Hougardy), daneben aber Stellen mit Kohlenstoffdefizit, die besonders umwandlungsfreudig sind. Beim Härten sinkt die Martensitstarttemperatur in Bereichen lokaler Kohlenstoffanreicherung unter Raumtemperatur, so daß diese austenitisch bleiben und deshalb eine mindere Härte aufweisen.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, mit Hilfe geeigneter Hintereinanderschaltung von Wärmebehandlungsstationen, gegebenenfalls unter zusätzlicher Einbindung einer optimalen thermomechanischen Behandlung, ein Verfahren zu realisieren, bei dem ein Federstahl mit hoher Feinkörnigkeit zwecks Vergrößerung der Korngrenzenfläche, einer Festigkeit > 1800 MPa zwecks Erzielung einer hohen Dauerfestigkeit bei einem Streckgrenzenverhältnis  $R_{p0,2}/R_m = 0,9$

und einer Einschnürung von ca.  $\geq 42\%$  als Maß ihr eine hohe Duktilität erreicht wird.

Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die folgenden Schritte durchgeführt werden:

1. Schnellerwärmen des Drahtes auf eine Temperatur im Austenitbereich mit einer Geschwindigkeit zwischen 85 und 100°C/sec.;

2. Halten des Stahldrahtes im Austenitbereich während einer Zeit von 10–60 sec.;

3. Abschrecken des Stahldrahtes bis auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit > 80°C/sec.;

4. Schnellerwärmung auf Anlaßtemperatur mit einer Geschwindigkeit von 85 bis 95°C/sec.;

5. Halten auf Anlaßtemperatur während einer Zeit von 60 bis 120 sec.;

6. Abkühlen des Drahtes mit einer für Wasserkühlung üblichen Geschwindigkeit von > 50°C/sec.

Nach einer Weiterbildung des Verfahrens ist vorgesehen, daß zwischen Schritt 2 und 3 der Draht dicht oberhalb der Ar3-Temperatur gewalzt wird.

Eine andere Weiterbildung besteht darin, daß zwischen den Schritten 2 und 3

a) eine Abkühlung auf eine Temperatur unterhalb Ar3 günstigerweise unterhalb der Perlit- bzw. Bainit-Bildungstemperatur und oberhalb der Ms-Temperatur erfolgt und

b) anschließend der Draht gewalzt wird.

Erfindungsgemäß ist auch vorgesehen, daß das Schnellerwärmen gemäß den Schritten 1 und 4 induktiv erfolgt.

Im Rahmen der Erfindung liegt es auch, daß die induktive Erwärmung von Stahldrähten mit einem Durchmesser bis 10 mm mit Hochfrequenz erfolgt.

Erfindungsgemäß ist weiterhin vorgesehen, daß die induktive Erwärmung von Stahldrähten mit einem Durchmesser von größer als 10 mm mit Mittelfrequenz erfolgt.

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß das Halten im Austenitisierungsbereich mit Widerstandsbeheizung erfolgt.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß ein widerstandsbeheizter Röhrenofen vorgesehen ist, wobei die Röhren mit Schutzgas geflutet sind.

Letztlich ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß nach dem Walzen ein Kalibrieren des Stahldrahtes mit Hilfe einer Druckdüse erfolgt.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen im wesentlichen darin, daß eine möglichst homogene Kohlenstoffverteilung im Austenit erreicht wird, ohne daß es durch Überhitzen oder Überzeiten zur Kornvergrößerung kommt, die zusätzlich von Entkohlung in der Randzone eines Drahtes begleitet sein kann.

Die einzelnen Schritte zur Herstellung eines vergüteten Federstahles nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden wie folgt unternommen:

### 1. Kontinuierliche Schnellerwärmung

(= kontinuierliche Erwärmung) eines Federstahldrahtes auf Temperaturen von ca. 50°C > Ac3, vorteilhafterweise mittels induktiver Erwärmung, wobei

– Materialien entsprechend einem Durchmesser bis zu 10 mm mittels Hochfrequenz (> 10 kHz),

— Materialien entsprechend einem Durchmesser von  $> 10$  bis  $20 \text{ mm}$  mittels Mittelfrequenz ( $5\text{--}10 \text{ kHz}$ ) mit einer Aufheizgeschwindigkeit von  $85\text{--}100^\circ\text{C/sec.}$  erwärmt werden.

## 2. Isothermes Halten

Da bekanntermaßen in der Randschicht eines induktiv beheizten Körpers  $63\%$  des gesamten Stromes =  $86\%$  der erzeugten Wärmemenge fließen, ist ein anschließender Wärmeausgleich der induktiven kontinuierlichen Erwärmung nachgeschaltet, nachdem die Oberflächentemperatur die vorgeschriebene Austenitisierungstemperatur erreicht hat. Dieses isotherme Halten hat gegenüber dem in der DE-PS 29 17 287 ausschließlich zur Anwendung gelangenden kontinuierlichen Austenitisierungsprozeß den Vorteil, daß in der Werkstoffoberfläche kein Grobkorn infolge Überhitzung entstehen kann. Wie erwähnt, ist bei kontinuierlicher Austenitisierung, insbesondere bei hohen Erwärmungsgeschwindigkeiten ( $> 100^\circ\text{C/sec.}$ ) eine hohe Endtemperatur erforderlich, da die Umwandlungspunkte mit zunehmender Erwärmungsgeschwindigkeit bzw. kürzerer Erwärmungszeit zu höheren Temperaturen verschoben werden.

Dieses isotherme Halten im Durchlaufverfahren erfolgt vorteilhafterweise in einem mit Inertgas durchflossenen Röhrenofen, der z. B. widerstandsbeheizt sein kann.

Fig. 1 zeigt schematisch anhand eines kontinuierlichen ZTA-Schaubildes den Verlauf einer zunächst kontinuierlichen Erwärmung eines Federstahles  $60 \text{ SiCr } 7$  mit einer Geschwindigkeit von  $90^\circ\text{C/sec.}$  auf eine Austenitisierungstemperatur von  $860^\circ\text{C}$ . Die Temperatur wird nach ca.  $9,2 \text{ sec.}$  erreicht. Zu diesem Zeitpunkt wandelt die Ferritstruktur restlos in Austenit um.

Das anschließende Halten auf Austenitisierungstemperatur soll  $10\text{--}30 \text{ sec.}$  währen, was bereits eine sehr homogene Verteilung des Kohlenstoffs im Austenit ermöglicht.

In Federstählen mit Vanadin, Niob, Molybdän, oder Titan-Zusätzen liegen Sonderkarbide vor, zu deren größtmöglicher diffusionsgekoppelter Lösung im Austenit höhere Aktivierungsenergien erforderlich sind. Hierbei wird bei der induktiven kontinuierlichen Erwärmung stärker überhitzt. Für die weitere Diffusion der C-Atome wird die Zeit isothermer Austenitisierung erfindungsgemäß auf ca.  $60 \text{ sec.}$  verlängert, wobei allerdings die Beeinflussung der kritischen Abkühlungsgeschwindigkeit beachtet werden muß. Diese Prozeßdaten sind bei gegebener Leistungsfähigkeit einer konzipierten Anlage ausschlaggebend für die Zahl der Induktionsspulen und ihre Positionierung bei Behandlung von bikonischem Draht, dem Energiebedarf sowie der Länge des Röhrenofens für die isotherme Austenitisierung.

## 3. Abschrecken

Die schnelle Abkühlung des Drahtes mit einer Geschwindigkeit  $> 80^\circ\text{C/sec.}$  erfolgt bevorzugt mit heftiger Badbewegung, dadurch gekennzeichnet, daß das Bad an einen Ultraschallgeber angeschlossen ist. Als Abschreckmedien kommen insbesondere Wasser, Polymerlösungen und Öl in Frage. Dadurch wird die zu Beginn des Abschreckprozesses gegebene Filmbildung auf dem Draht mit nur geringem Wärmestrom (ca.  $210 \text{ J/s cm}^2$ ) verhindert und die Kochphase mit einem Wärmestrom von ca.  $800 \text{ J/s cm}^2$  früher eingeleitet. Auch der

Wärmeaustausch unterhalb der Siedetemperatur des Abschreckmittels, der dann nur noch konvektiv erfolgt, kann dadurch erheblich schneller ablaufen ( $> 100 \text{ J/s cm}^2$ ). Das Abschrecken kann auch mittels Sprühkühlung erfolgen.

## 3a. Modified Ausforming (MAF)

Alternativ zur bisher beschriebenen erfindungsgemäßen verfahrenstechnischen Vorgehensweise kann der Draht nach Verlassen des Röhrenofens bei einer Temperatur oberhalb  $\text{Ac}_3$  (im gezeigten Beispiel =  $860^\circ\text{C}$ ) thermomechanisch behandelt werden, um insbesondere eine höhere Feinkörnigkeit vor allem mit dem Vorteil der besseren Duktilität zu erzielen (Fig. 2a).

Das MAF-Verfahren ist an sich bei der Fertigung von Blattfedern als Alternative zu Ausforming (AF) erfolgreich eingesetzt worden, da zur Durchführung der AF-Prozesse die Blattfedernfertigungszeiten zu lang sind. (Literaturauswertung zum Thema Modified Ausforming von Federstählen, MPI für Eisenforschung, Düsseldorf (1991), S. 8—10). Bei der kontinuierlichen Behandlung von Walzdraht im Zuge der Durchlaufvergütung ist es bis heute industriell nicht angewendet worden.

Erfindungsgemäß soll der mechanische Umformprozeß bevorzugt bei Draht mit kreisförmigem Querschnitt durch ein Walzwerk mit zwei Gerüsten in H/V-Anordnung und einer nachgeschalteten Kalibrierdüse realisiert werden.

Dabei wird der Draht bei Temperaturen oberhalb  $\text{Ac}_3$  im ersten Stich ovalisiert, im zweiten Stich rundgewalzt und durch die Kalibrierdüse getrieben, wobei die jeweils geforderten Rundheiten garantiert werden können. Die Gesamtverformung liegt im Bereich zwischen  $10$  und  $20\%$ , je nach der chemischen Zusammensetzung des Federstahles. Bikonischer Draht wird nur im Bereich hoher Spannungsbeaufschlagung, also im Abschnitt mit großem Durchmesser, thermomechanisch behandelt.

In dem gezeigten Beispiel des Stahles  $60 \text{ SiCr } 7$  ist die MAF-Behandlung dann auf Durchmesser unterhalb von ca.  $13 \text{ mm}$  beschränkt, wenn während der thermomechanischen Behandlung nicht Wärme zugeführt wird, um eine Umwandlung in der Perlitstufe zu verhindern.

## 3b. Ausforming (AF)

Fig. 2b zeigt, daß ein AF-Prozeß beim Stahl  $60 \text{ SiCr } 7$  wesentlich günstiger durchgeführt werden kann.

Hierzu wird der Stahl nach Verlassen des Röhrenofens in einem Kühlsystem konvektiv auf Temperaturen zwischen  $270$  und  $360^\circ\text{C}$  (in Fig. 2 auf  $360 \pm 4^\circ\text{C}$ ) intensiv gekühlt. Eine solche Vorrichtung zur konvektiven Wärmebehandlung von zylindrischen Halbzeugen ist aus der DE 39 35 929 A1 bekannt. Eingegliedert in den industriellen Verfahrensablauf zur kontinuierlichen Vergütung von Federstahldraht erlaubt sie erstmalig die AF-Behandlung solcher Werkstoffe.

Bei dem auf beispielsweise  $360 \pm 4^\circ\text{C}$  unterkühlten und damit metastabilen Martensit wird die gleiche Umformungstechnologie wie beim MAF-Verfahren angewendet. Allerdings liegt die Gesamtumformung bei ca.  $10\%$ , um bei relativ tiefer Umformtemperatur und kleinem Verformungsgrad eine erhöhte Keimbildungsrate an Korngrenzen und gegebenenfalls eine zusätzliche Keimbildung entlang von Deformationsbändern innerhalb eines Kornes zu erzielen. Allerdings muß dabei vor allem in Abhängigkeit von der Stahlzusammensetzung

die Ms-Temperatur beachtet werden, die im allgemeinen nach einer AF-Behandlung erhöht wird. Für bikonischen Draht gilt das unter 3a Gesagte.

#### 4. Anlassen

Das Anlassen besteht bekanntlich aus der Erwärmung des gehärteten Materials auf Temperaturen  $< A_{c1}$ , wobei der thermodynamisch instabile Gefügezustand des tetragonal aufgeweiteten Martensits in einen stabileren überführt werden soll. Bei Federstählen mit Sonderkarbiden bildenden Legierungselementen ist dabei wichtig, daß sich diese Karbide an Defektstrukturen wie Versetzungen ausscheiden sollen. Dabei üben Legierungsgehalt und Erwärmungsgeschwindigkeit einen wesentlichen Einfluß auf die verschiedenen Bildungsmechanismen aus.

Vor allem sind die Versprödungen bei ca. 300 und 500°C infolge Anreicherungen von P, Sb, As und Sn durch Ausscheidungen bei der Karbidbildung bedingt, wodurch der Zusammenhalt der Austenitkorngrenzen geschwächt wird. Die Gefahr, daß solche Elemente in gefährlicher Konzentration vorliegen, besteht besonders bei den in Elektroöfen aus Schrott erschmolzenen Stählen.

Gemäß der DE-PS 29 17 287 soll das schnelle Anlassen mit 100°C/sec. auf 300–600°C eine Auflösung des übersättigten Martensits mit einem "Zwischengefüge aus einer Feststofflösung" bewirken. Ob hier ein besonderer Gefügestand oder Zwischenstufengefüge (Bainit) gemeint ist, wird nicht deutlich. Letzteres würde jedoch neben umgewandeltem (= kubischen) Martensit, eventuell Restaustenit noch einen dritten Gefügebestandteil und somit eine erhebliche Beeinträchtigung der Homogenität bedeuten.

Bei schneller Erwärmung auf Anlaßtemperatur werden die gefährlichen Versprödungsbereiche schneller durchlaufen. Hierzu ist eine erfindungsgemäße Erwärmungsgeschwindigkeit von ca. 85–95°C/sec. völlig ausreichend. Die Einstellung auf diese Werte ist aus Investitions- und Energiekostengründen bedeutsam.

Um vor allem die erwähnte Gefahr der Versprödung zu umgehen, sollten

- a) Anlaßtemperaturen zwischen 200–500°C vermieden werden,
- b) diese Gefahrenzone insbesondere beim Aufheizen, aber auch bei der Abkühlung schnell durchlaufen werden, (was beim üblichen Abkühlen in Wasser stets mit einer Geschwindigkeit  $< 50^\circ\text{C/sec.}$  erfolgt, (siehe H. Bennighoff, Wärmebehandlung der Bau- und Werkzeugstähle, Basel (1978) S. 107–149),
- c) das Halten auf Temperaturen unterhalb  $A_{c1}$  und oberhalb 500°C nicht etwa, wie in der DE-PS 29 17 287 beschrieben, kürzer als 60 sec., sondern länger sein.

Da bekanntlich aber das Halten auf einer bestimmten Temperatur bei induktiver Durchlauferwärmung schwierig ist, wird erfindungsgemäß eine ähnliche Kombination wie beim Erwärmen auf Austenitisierungstemperatur vorgeschlagen:

1. Schnellerwärmen, beispielsweise induktiv auf  $500^\circ\text{C} < T < A_{c1}$  (abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Stahles),
2. Halten, beispielsweise in einem widerstandsbe-

heizten Röhrenofen (ohne Schutzgas), wobei die Haltezeit abhängig vom Drahtdurchmesser und der Durchlaufgeschwindigkeit ist.

- 5 Bei einem Durchmesser von 12 mm sollte sie  $> 60$  sec. betragen, um neben der Vermeidung unliebsamer Seigerungen eine ausreichende Anzahl von versetzungshemmenden Karbiden zu erzielen, bei einem Durchmesser von 20 mm aber noch  $< 120$  sec. sein, um die erforderlichen Halteöfen nicht über 15 m Länge zu bauen.

#### 5. Abkühlen

Die Abkühlung erfolgt anlagentechnisch ähnlich wie beim Abschrecken, aber in Wasser, bei größerem Drahtdurchmesser ( $> 16$  mm) mit starker Badbewegung.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum kontinuierlichen Vergüten von Stahldraht, insbesondere Federstahldraht, wobei ein Erwärmen auf eine Temperatur im Austenitbereich, ein Abschrecken, ein Anlassen und ein Abkühlen des Drahtes vorgesehen ist, **gekennzeichnet durch die folgenden Schritte:**

1. Schnellerwärmen des Drahtes auf eine Temperatur im Austenitbereich mit einer Geschwindigkeit zwischen 85 und 100°C/sec;
2. Halten des Stahldrahtes im Austenitbereich während einer Zeit von 10–60 sec;
3. Abschrecken des Stahldrahtes bis auf Raumtemperatur mit einer Geschwindigkeit  $> 80^\circ\text{C/sec.}$ ;
4. Schnellerwärmung auf Anlaßtemperatur mit einer Geschwindigkeit von 85 bis 95°C/sec;
5. Halten auf Anlaßtemperatur während einer Zeit von 60 bis 120 sec;
6. Abkühlen des Drahtes mit einer für Wasserkühlung üblichen Geschwindigkeit von  $> 50^\circ\text{C/sec.}$
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Schritt 2 und 3 der Draht dicht oberhalb der  $A_{r3}$ -Temperatur gewalzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Schritten 2 und 3
  - a) eine Abkühlung auf eine Temperatur unterhalb  $A_{r3}$  günstigerweise unterhalb der Perlit- bzw. Bainit-Bildungstemperatur und oberhalb der Ms-Temperatur erfolgt und
  - b) anschließend der Draht gewalzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Schnellerwärmen gemäß den Schritten 1 und 4 induktiv erfolgt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die induktive Erwärmung von Stahldrähten mit einem Durchmesser bis 10 mm mit Hochfrequenz erfolgt.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die induktive Erwärmung von Stahldrähten mit einem Durchmesser von größer als 10 mm mit Mittelfrequenz erfolgt.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Halten im Austenitisierungsbereich mit Widerstandsbeheizung erfolgt.
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein

widerstandsbeheizter Röhrenofen vorgesehen ist,  
wobei die Röhren mit Schutzgas geflutet sind.

9. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Walzen ein Kalibrieren des Stahldrahtes mit Hilfe einer Druckdüse erfolgt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65





